

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-270597

(43)Date of publication of application : 25.09.2003

(51)Int.Cl.

G02F 1/03

(21)Application number : 2002-076231

(71)Applicant : KYOCERA CORP

(22)Date of filing : 19.03.2002

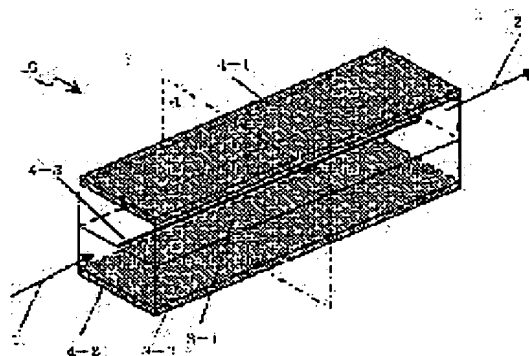
(72)Inventor : YOKOTA HIROKO

## (54) OPTICAL VARIABLE ATTENUATING DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical variable attenuating device which is small-sized, can operate with a low voltage, has high reliability and is used for optical communications.

**SOLUTION:** The optical variable attenuating device is equipped with an optical varying means 10 constituted by arranging electrodes 4-1, 4-2, and 4-3 on a base body (comprising members 3-1 and 3-2) made of a material having electrooptic effect so that an electric field is locally converged in the base body.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**BEST AVAILABLE COPY**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-270597  
(P2003-270597A)

(43) 公開日 平成15年9月25日 (2003.9.25)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 F 1/03

識別記号

5 0 2

F I

G 0 2 F 1/03

テームト\* (参考)

5 0 2 2 H 0 7 9

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2002-76231(P2002-76231)

(22) 出願日 平成14年3月19日 (2002.3.19)

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田烏羽殿町6番地

(72) 発明者 横田 裕子

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地3号

京セラ株式会社中央研究所内

Fターム(参考) 2H079 AA02 AA12 BA03 DA03 DA04

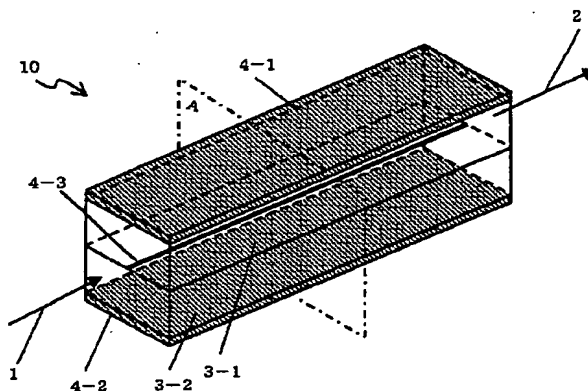
EB03 EB04 EB12 HA12

(54) 【発明の名称】 光可変減衰装置

(57) 【要約】

【課題】 光通信分野で用いられる光可変減衰装置に関するものであり、小型で低電圧動作が可能であり、かつ信頼性が高い光可変減衰装置を提供すること。

【解決手段】 電気光学効果を有する材料からなる基体（部材3-1と部材3-2とから構成）に、この基体の内部に局部的に電界が集中するように複数の電極4-1、4-2、4-3を配設して成る光可変手段10を備えている光可変減衰装置とする。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電気光学効果を有する材料からなる基体に、該基体の内部に局部的に電界が集中するように複数の電極を配設して成る光可変手段を備えたことを特徴とする光可変減衰装置。

【請求項 2】 前記複数の電極が前記基体に入力した光の光軸と略平行に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光可変減衰装置。

【請求項 3】 前記複数の電極が前記基体に入力した光の光軸を挟んで略対称に配設されていることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の光可変減衰装置。

【請求項 4】 前記基体の互いに背面となる位置にある面および／または前記基体の内側に前記電極を配設して、前記基体の内部に電界が集中するようにしたことを特徴とする請求項 3 に記載の光可変減衰装置。

【請求項 5】 前記基体に、前記光軸に対して平行な凹部または貫通孔を設けて、前記基体の内部に電界が集中するようにしたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の光可変減衰装置。

【請求項 6】 前記凹部または貫通孔に、前記電気光学効果を有する材料よりも前記基体に印加する電界の周波数において誘電率の小さな部材を設けたことを特徴とする請求項 5 に記載の光可変減衰装置。

【請求項 7】 前記電気光学効果を有する材料として、PLZT、BaTiO<sub>3</sub>、またはSBNを用いたことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の光可変減衰装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光伝送路中に配設され、電気光学効果を用いた光可変減衰装置に関するものであり、特に低電圧で動作可能な光可変減衰装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光通信分野で用いられる受動部品の一つに光減衰器が知られている。この光減衰器には、減衰量が固定された光固定減衰器と、減衰量を変化させることができる光可変減衰器とがある。このうち、光可変減衰器は、手動で減衰量をコントロールするものと、電気的手段でコントロールするものとに分けられる。

【0003】電気的手段で減衰量をコントロールする光可変減衰器には様々な方式が提案されており、例えば、マイクロマシンを駆動する方式、磁気光学効果を利用した方式、熱光学効果を利用した方式、及び電気光学効果を利用した方式等がある。

【0004】この中でマイクロマシンを駆動する方式では、機械的可動部があるため信頼性に不安がある。そのため、使用に際しては可動部の無い方式が好まれることが多い。しかし、磁気光学効果や熱光学効果を利用する方式では機械的可動部は無いが、減衰量の制御に前者は

電流を、後者は熱を利用するため、消費電力が大きいという欠点がある。

【0005】そこで、電気光学効果を利用した光可変減衰器が提案されている。例えば、特開 2001-272638 号公報に開示されているものでは、複屈折結晶により偏光分離し、電気光学素子により各偏光成分を回転して、偏光成分を複屈折結晶により再び合波する際に一部の光が結合しないことによって光を減衰させることができ、電気光学素子に印加する電圧を制御することで偏光回転角を制御する。この方式では電流が流す必要が無いので、低消費電力を実現することができる。

【0006】また、本発明者らも特願平 13-385098 号において、電気光学材料からなる部材にプリズムによる屈折効果を発現できる形状を成す電極を設け、この電極に電圧を印加することにより入射光を偏向させ、出射の光伝送路に光を結合させないようにする原理の光可変減衰装置を提案した。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、良い材料を選択してさえ電気光学効果による屈折率変化は比較的小さい。このため、大きな減衰量を得るには、高い電圧をかけ電界強度を大きくする、もしくは、電気光学効果を有する材料からなる部材を薄く形成し、電極間の距離を小さくすることで電界強度を大きくする必要があった。ただし、使用する上では低電圧動作が望まれるため、前者の方法は避けるべきである。また後者の方法では、少なくとも、光のスポット径以上の領域に強い電界がかかった領域を確保する必要があるため、薄い電気光学効果を有する材料からなる部材を電極を挟んで多数の層を積層する必要があり、工数がかかる上に薄い部材を取り扱わなければならない工程が難しく煩雑であった。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、前述のような問題点を改善するべく検討を行った結果、以下のような構成が有効であることがわかった。即ち、本発明の光可変減衰装置は、(1) 電気光学効果を有する材料からなる基体に、該基体の内部に局部的に電界が集中するように複数の電極を配設して成る光可変手段を備えたことを特徴とする。

【0009】また、(2) 前記複数の電極が前記基体に入力した光の光軸と略平行に配置されていることを特徴とする。

【0010】また、(3) (1) または (2) の構成において、前記複数の電極が前記基体に入力した光の光軸を挟んで略対称に配設されていることを特徴とする。

【0011】また、(4) (3) の構成において、前記基体の互いに背面となる位置にある面および／または前記基体の内側に前記電極を配設して、前記基体の内部に電界が集中するようにしたことを特徴とする。

【0012】また、(5) (1) ～ (4) のいずれかの

構成において、前記基体に、前記光軸に対して平行な凹部または貫通孔を設けて、前記基体の内部に電界が集中するようにしたことを特徴とする。例えば光の伝搬方向に対して平行な溝または貫通孔を少なくとも2箇所以上設ける。

【0013】また、(6)(5)の構成において、前記凹部または貫通孔に、前記電気光学効果を有する材料よりも前記基体に印加する電界の周波数において誘電率の小さな部材を設けたことを特徴とする。

【0014】また、(7)(1)～(6)のいずれかの構成において、前記電気光学効果を有する材料として、PLZT、BaTiO<sub>3</sub>、またはSBNを用いたことを特徴とする。

【0015】

【作用】(1)のような構成を採用することによって、単に平板形状で電極を対向させた場合に発生する電界より局部的に強い電界を得ることができ、従って、この部分に光を伝搬させることで、平板形状の電極を対向させた間に光を伝搬させる場合と同じ電圧でより高い効果を得ることができるため、装置の動作電圧を低くすることができる。

【0016】また、電界を局部的に集中させる電極は、例えば(2)のように、光の伝搬方向と平行に配置して実現することができるが、電極を(2)のように設けることで伝搬する光に対して、電気光学効果を有する材料からなる部材に光が入射して出射するまでの間、常に電気光学効果に由来する効果を与え続けることができるため、大きな効果を得ることができる。

【0017】また、(3)のように電極を設けることで、光のスポット内に対称軸を持つ電界分布を得ることができるため、対称軸を持たない場合に比べ、設計が簡単になる。

【0018】また、(4)のような構成が、電界を集中させた領域に光を伝搬させるには効果的である。

【0019】また、(5)のような構成にすることで、さらに効果的に電界を集中させることができる。

【0020】また、(6)のような構成にすることで、(5)の効果に加えて素子の機械的強度を確保することができる。

【0021】また、(7)のような材料は電気光学定数  
40  
が大きいので、より低電圧動作および小型化を実現することができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る光可変減衰装置の実施形態を模式的に示した図面に基づいて詳説する。

【0023】図1は本発明の基本構成の一例を示す斜視図である。図1において、本発明の光可変減衰装置は、電気光学効果を有する材料からなる基体(部材3-1と部材3-2とから構成)に、この基体の内部に局部的に

電界が集中するように複数の電極4-1、4-2、4-3を配設して成る光可変手段10を備えている。また、これら複数の電極が前記基体に入力した光の光軸と略平行に配置されている。さらに、これら複数の電極が前記基体に入力した光の光軸を挟んで略対称に配設されている。このように、前記基体の互いに背面となる位置にある面および/または前記基体の内側に電極を配設して、前記基体の内部に電界が集中するようにしている。

【0024】上記構成において、光伝送路(図示せず)を伝搬してきた入力光1は光可変手段10に入射する。光可変手段10は、例えば電気光学効果を有する材料からなる部材3-1と3-2、および電極4-1、4-2、4-3から成る。これらの電極には電圧を制御する外部の制御部に接続されており(図示せず)、入力光は電圧に応じた何らかの変化(例えば偏向や位相変化)を受け、出力光2として出射され、出力側の光伝送路に入射する(図示せず)。

【0025】図2(a)は図1における光可変手段10の一点鎖線で示した平面(光軸が法線となる平面)Aでの切断面をあらわしたものである。ここでは、電気光学効果を有する材料からなる部材は3-1と3-2の二つの部分からなり、電極4-3がこれらの間に挿入されており、さらに電極4-1と4-2が設けられている。光可変手段10に入射した入力光1は図2(a)の中心付近の領域5をz方向に通過する。このとき電極4-1、4-2、4-3に電圧を印加しておくと、破線で示した電気力線6で示すような電界が発生し、電気光学効果による屈折率分布が生じ、入力光1はこれに応じた変化を受けるが、図示したように、一点鎖線で示した領域5の付近では電界が集中しており、電界集中が起こらない構造(例えば、平行平板)に比べて大きな効果が期待できることがわかる。光が受ける効果としては、例えば偏向や位相変化が考えられる。

【0026】一例として、y軸方向に直線偏光する光が光可変手段10に入射した場合について考える。電気光学効果を有する材料からなる部材3-1、3-2の結晶軸方向と電界の方向を適当に選んでおくと、y方向の電界成分の分布に従って形成された屈折率分布の影響を受け、光可変手段10内を進むにつれて、領域5の光のうち電気光学効果を有する材料からなる部材3-1に入射する部分をy軸正の方向に、3-2に入射する部分をy軸負の方向に偏向させることができる。

【0027】また、領域5の光のうち、3-1と3-2の境界付近かつ電極4-3から離れた部分には、y軸方向の電界成分は無いので、偏向を受けずにそのまま透過する。また、屈折率分布に従って光のスポット内で位相分布が生じる。

【0028】このように光可変手段10で各部分によって異なった偏向および位相分布変化を受けた光が光可変

手段10を透過した後、出射側のコリメート光学系に入射し、コリメート光学系に接合された光伝送路の伝搬モードに結合する。このとき、光は光可変手段10によって元の光伝送路を伝搬していたモードではないモードに変化している。このため、重なり積分で計算されるだけのパワーが出射側の伝搬モードに結合し、入力光に対してパワーを減衰させた光を得ることができる。光可変手段10から出射する光のパワーの分布は電極に印加する電圧によって制御できる。つまり、出射側との結合効率を制御することができ、従って光可変減衰装置を実現することができる。

【0029】図2(a)では、電気光学効果を有する材料からなる部材は3-1と3-2の二つの部分からなっているが、図2(b)に示すように1つの部分からなる部材に貫通孔を作製し、この貫通孔に金属を充填して電極4-3を形成してもかまわない。ここで貫通孔はレーザーで精度良く光軸に対し平行に作製することができる。

【0030】また、図3(a)に示すように、前記基体に光軸に対して平行な凹部を設けて、前記基体の内部に電界が集中するようにしてもよい。すなわち、電極4-1と4-2の間隔を狭くするために凹部である溝7-1、7-2を設けても良い。この溝はダイシングやエッチングによって形成できる。溝を設け、電極間隔を狭くすることにより、実効的な電界が強くなり、より低電圧動作が期待できる。

【0031】また、図3(b)に示したように、電極を設けない面に溝7-3、7-4を設けても良い。溝を設けることにより溝の部分の誘電率が小さくなるため、図3(b)の電気力線6のように電界が誘電率の高い電気光学効果を有する材料からなる部材3-1および3-2の内部に集中し、より低電圧動作が期待できる。溝7-3、7-4内は何も配置しない状態でも良いが(空気の誘電率は、電気光学効果を有する材料より小さい)、誘電率が電気光学効果を有する材料より小さい樹脂等の部材8-1、8-2を充填したり、このような棒材を溝内に接着してもかまわない。このようにすることで、光可変手段10の機械的強度を向上することができる。

【0032】また、図3(c)に示すように、光可変手段10において光の伝搬方向に対して平行な各面のそれぞれに、前述のような効果を持つ溝を形成してもかまわない。ここでは方形の溝で例示したが、凹部の形状は特に指定しない。また、ここでは溝を挙げたが、貫通孔を作製しても同様の効果が得られる。また、ここでは図2(a)に示したものに溝を形成した場合を例示したが、もちろん図2(b)に示したものに形成してもかまわない。

【0033】また、ここで挙げた電極の形状は一例であり、複数の電極が光の伝搬方向(光軸)を挟んで略対称に設けられる全ての電極形状、配置が本発明の請求範囲

である。複数の電極が光の伝搬方向を含む軸を含む面に対して略対称に設けられていない場合でも、電界集中の効果を期待できる形状は存在するが、入射光の偏光に関する情報を出力光でも保存したい場合、設計が煩雑になってしまうため望ましくない。

【0034】図4に電極の配設態様の一例を示す。図4(a)は電気光学効果を有する材料からなる部材3-3の向かい合う面の片方に幅の広い電極4-4を設け、残る片方に幅の狭い電極4-5を設けた構造である。破線の電気力線6で示したように、狭い電極4-5の直下付近で電界が集中することになり、この部分を利用することができる。この図では電極4-5は断面矩形状であるが、電気光学効果を有する材料からなる部材3-3に断面△状の溝を設け、これに電極を作製すると、より電界を集中させることができる。図1や図2に示した構造では、光のスポット内に電極4-3があるため(電極4-3の大きさは光のスポットに対して、充分小さく形成しうる。例えば電極4-3を幅 $1\mu\text{m}$ ×高さ $20\text{nm}$ に対して、スポットサイズ $300\mu\text{m}\phi$ など。)、ある程度挿入損失が大きくなってしまいが、図4(a)の形状にすると、光のスポット内に電極が無い場合、挿入損失を小さくすることができ、また、耐パワー性を向上することができる。

【0035】また、図4(b)に示すように、円筒形状の電気光学効果を有する材料からなる部材3-6を使用しても良い。中心にレーザーで貫通孔を作製し、この貫通孔内に電極4-9を設け、円筒外周にも電極4-8を設けると中心付近に電界が集中するので、これを利用することができる。

【0036】入力光はコリメートされていることが望ましい。ここまでの説明では図示を省略したが、コリメート光学系にはGRINレンズやGIファイバ、導波路に作製した平面レンズ、バルクレンズ、レンズ付ファイバ等を用いることができる。特に図4(a)の構造を用いる場合、大きな効果が期待できる電極4-5直下に光を通すために、光のスポットサイズを小さくできるGIファイバやレンズ付ファイバを用いるのが望ましい。また、図1～図3、図4(b)のように光のスポット内に電極が存在する構造を使用する場合には、光のスポットサイズは大きい方がスポット内の電極の影響を小さくできるため、GRINレンズやバルクレンズを用いることが望ましい。

【0037】また、光伝送路としてはシングルモード光ファイバやマルチモード光ファイバ、基板に作りつけた導波路を使用することができる。光の減衰はモードの結合状態で制御されるので、光伝送路を伝搬可能なモードの数も設計事項の一つである。

【0038】また、光可変手段10の前後の少なくともどちらか一方に偏光子を挿入してもかまわない。光可変手段10を複数直列に接続してもかまわない。これらの

手段を用いることで偏光依存性の無い光可変減衰装置を作製することができる。

【0039】また、出力側の光伝送路に伝搬モードを結合しなかった不要なクラッドモードを除去する構造を設けてもかまわない。例えば出力側ファイバのクラッドの外側にクラッドより屈折率の大きな部材を配置したり、クラッドにコアに達しない切りこみを入れて、この切りこみに光を吸収する部材を配したりといった構造が考えられる。クラッドモードの光をモニター用に使用することもできる。

【0040】以上のようにして、電気光学効果を用いるため低消費電力で、機械的可動部が無いため信頼性が高く、かつ、駆動電圧が低い光可変減衰装置を実現することができる。また、作製にかかる工程でも複雑な積層を行わず、かつ、電気光学効果を有する材料からなる部材を扱い難い程薄くしなくとも、低電圧動作を実現することができる。

【0041】

【実施例】以下に本発明の光可変減衰装置をより具体化した実施例について説明する。

【0042】以下のようにして光可変減衰装置を作製した。

【0043】＜実施例1＞まず、光の入出力系としては、シングルモード光ファイバにGRINレンズを接着したものに対向させ、光軸を調整して基板に接着後した。なお、基板にはアラインメントマーカおよび光可変手段10の電極と外部の制御部とを接続するための電極パターンを形成した。上記光ファイバのGRINレンズに接着されていない端部にはコネクタを取り付け、評価系に接続できるようにした。この光学系は、シングルモード光ファイバ中を伝搬する入力光を約0.3mmのスポットサイズにコリメートすることができるように設計した。また、出力側のシングルモード光ファイバの側面にはシングルモード光ファイバのクラッドより屈折率の大きな樹脂を塗布して、不要光を吸収できるようにした。

【0044】次に、光可変手段10は図3(c)に示す構造に作製した。電気光学効果を有する材料からなる部材としてはPLZT基板(厚さ300μm)を使用した。まず、1枚のPLZT基板に電極4-3(Auを厚さ20nm、幅1μm)を通常のウェハープロセスにより作製し、もう一枚のPLZT基板とエポキシ系接着剤を用いて接着した。その後、ダイシングにより溝7-1、7-2(深さ100μm、幅500μm)を作製し、電極4-1、4-2(Ti(厚さ20nm)上にAu(厚さ200nm))を蒸着によって形成した。その後、基板をダイシングによって切り離し、光可変手段10を個片化した(幅1mm×長さ1mm×厚さ0.6mm)。そして、光が入出力される端面を研磨し、ARコートを行った。その後、溝8-1および8-2をダイシ

ングによって作製し(幅300μm、深さ300μm)、この溝をPLZTより誘電率の低いエポキシ系樹脂で充填し、熱硬化させた。この個片化した光可変手段10を前述の基板上における所定位置に搭載し、半田により基板の電極パターンと光可変手段10の電極とを接続・固定し、光可変減衰装置とした。

【0045】この光可変減衰装置の印加電圧(縦軸)ー出力光強度(横軸)の関係を図5に示す。ただし、縦軸の出力光強度は電圧0の場合の出力光強度で規格化した値を示している。図5に示すように、印加電圧10Vで出力光をほぼ消光することができ、光可変減衰装置としての動作を確認できた。また、この光可変減衰装置を用いて、電圧0Vと10Vの間を1MHzで振動するデジタル波の入力に対する特性を観測した。その結果、本発明の光可変減衰装置が、光変調器としても十分動作することを確認した。

【0046】＜実施例2＞光の入出力系として、二本のシングルモード光ファイバの間にGIファイバを融着し、基板に接着後、GIファイバの中心付近を3mmの幅で切断したものを作製した。上記光ファイバのGIファイバに融着されていない端部にはコネクタを取り付け、評価系に接続できるようにした。この光学系は、シングルモード光ファイバ中を伝搬する入力光を約0.1mmのスポットサイズにコリメートすることができるように設計されており、上記切断部に屈折率マッチング樹脂を充填することにより、挿入損失1dB以下となることを確認した。また、出力側のシングルモード光ファイバの側面には、シングルモード光ファイバのクラッドより屈折率の大きな樹脂を塗布して、不要光を吸収できるようにした。

【0047】光可変手段は図4(a)の構造に作製した。電気光学効果を有する材料からなる部材としてはPLZT基板(厚さ300μm)を使用した。まず、この基板の片面全体に電極4-4(Ti(厚さ20nm)上にAu(厚さ200nm))を蒸着により成膜し、次に、残る面にリフトオフにより電極4-5(Ti(厚さ20nm)上にAu(厚さ200nm、幅1μm)のストライプ)を作製した。その後、基板をダイシングによって切り離し、光可変手段10を個片化した(幅1mm×長さ1mm×厚さ0.6mm)。そして、光が入出力される端面を研磨し、ARコートを行った。次に、この個片化した光可変手段10をGIファイバ間に作製した溝内の所定の位置に載置・固定し、電極4-4、4-5と外部の制御部とを接続した。最後に、光可変手段10の端面とGIファイバ端面の間に、屈折率マッチング樹脂を充填し熱硬化させ、光可変減衰装置とした。

【0048】この光可変減衰装置の印加電圧ー出力光強度を測定した結果、この例でもほぼ図5に示した特性と同様な結果が得られた。

【0049】

【発明の効果】以上、説明したように、請求項 1 によれば、光可変手段として複数の電極を備えた電気光学効果を有する材料からなる部材を用い、前記複数の電極を局部的に電界が集中するような配置および形状で設けることによって、単に平板形状で電極を対向させた場合に発生する電界より局部的に強い電界を得ることができ、従って、この部分に光を伝搬させることで、平板形状の電極を対向させた間に光を伝搬させる場合と同じ電圧でより高い効果を得ることができるため、装置の動作電圧を低くすることができる。

【0050】また、請求項 2 によれば、電気光学効果を有する材料からなる部材に光が入射して出射するまでの間、常に電気光学効果に由来する効果を与え続けることができるため、大きな効果を得ることができる。

【0051】また、請求項 3 によれば、光のスポット内に対称軸を持つ電界分布を得ることができるため、対称軸を持たない場合に比べ、設計が簡単になる。

【0052】また、請求項 4 の構成は、電界を集中させた領域に光を伝搬させるには効果的である。

【0053】さらに、請求項 5 の構成にすることで、より効果的に電界を集中させることができる。

【0054】加えて、請求項 6 の構成とすることで、機械的強度を確保することができる。

【0055】また、請求項 7 に挙げた材料を用いることで、より低電圧動作および小型化を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る光可変減衰装置の実施形態を模式

的に説明する斜視図である。

【図 2】(a) は図 1 に示した平面（光軸を法線とする平面）A で切断した様子を模式的に説明する断面図、

(b) は本発明の他の実施形態を模式的に説明する断面図である。

【図 3】(a) ～ (c) はそれぞれ、本発明のさらに他の実施形態を図 1 の平面 A で切断した様子を模式的に説明する断面図である。

【図 4】(a)、(b) はそれぞれ、本発明のさらに他の実施形態を図 1 の平面 A で切断した様子を模式的に説明する断面図である。

【図 5】本発明の実施例 1 における光可変減衰装置の印加電圧—規格化出力光強度特性を示す線図である。

【符号の説明】

1・・・入力光

2・・・出力光

3-1、3-2、3-3、3-6・・・電気光学効果を有する材料からなる部材

4-1、4-2、4-3、4-4、4-5、4-8、4-9・・・電極

5・・・光の透過する領域

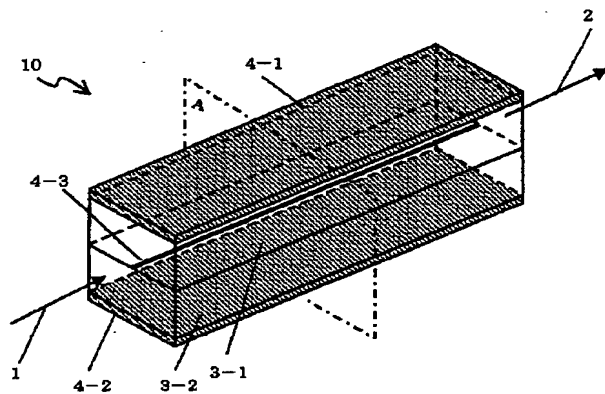
6・・・電気力線

7-1、7-2、7-3、7-4・・・溝

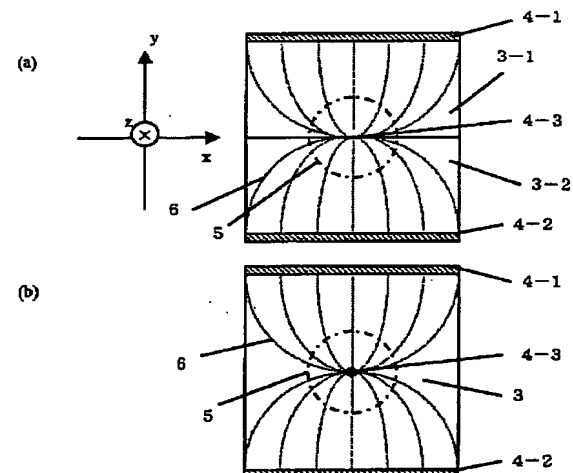
8-1、8-2・・・電気光学効果を有する材料より屈折率の低い部材

10・・・光可変手段

【図 1】

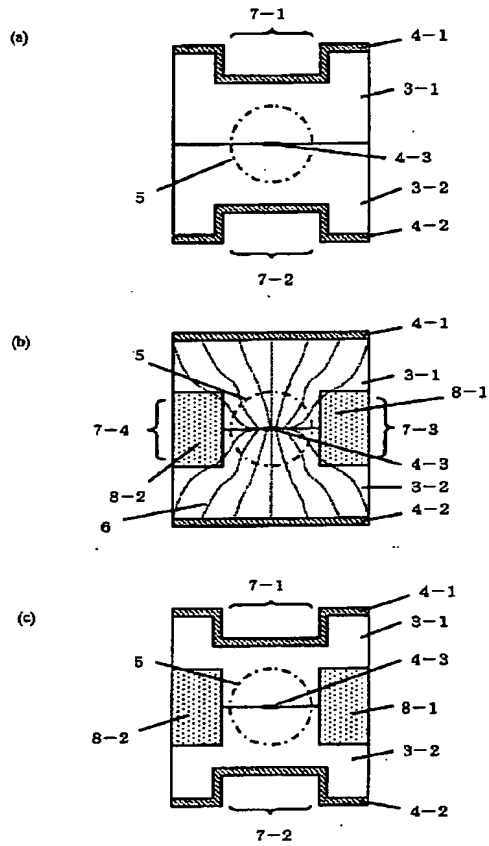


【図 2】

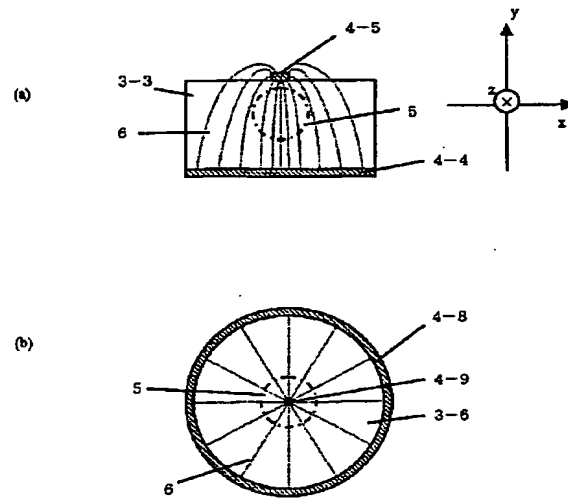




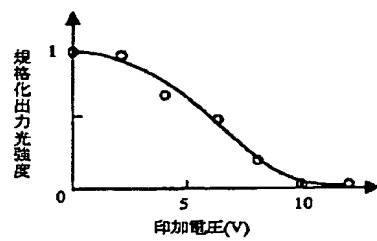
【図3】



【図4】



【図5】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**